

SZEMLE

Összefüggés a talaj K-ellátottsága és a kukorica, őszi búza és lucerna K-hatások között a hazai szabadföldi kísérletekben, 1960-1990

Bevezetés, kísérleti előzmények

A műtrágyahasználat alakulása

A magyar agronómia történetében eddig soha, még világháborúk után sem volt példa a jelenlegihez hasonló mértékű NPK-felhasználás változásokra, csökkenésekre. A 80-as évek talajgazdagító PK-trágyázási gyakorlatához képest N-műtrágya-felhasználásunk 1/4-ére, a PK 1/20-1/25-ére (!) esett vissza (1. táblázat).

1. táblázat

Szerves- és műtrágyafelhasználás Magyarországon, 1931-1996
(KSH, FM STAGEK, AKII Inf. Ig.)

Év	Szerves trágya millió t/év	Műtrágya-hatóanyag				Mg. művelt területre kg/ha/év
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Összesen	
		1000 t/év				
1931-40	22,4	1	7	1	9	2
1951-60	21,2	33	33	17	83	15
1961-65	20,6	143	100	56	299	57
1966-70	22,2	293	170	150	613	109
1971-75	14,8	479	326	400	1.205	218
1976-80	14,3	556	401	511	1.468	250
1981-85	15,4	604	394	495	1.493	282
1986-90	13,2	559	280	374	1.213	230
1991	8,0	140	23	33	196	37
1992	7,2	148	21	20	189	36
1993	5,0	160	25	21	206	39
1994	4,9	222	27	31	280	53
1995	4,8	191	29	27	247	47
1996	?	203	34	33	270	54

Becsléseink szerint a hosszú távon fenntartható, környezetkímélő növénytaplálás gyakorlata Magyarországon mintegy 400 ezer t N, 200-200 ezer t P₂O₅ és K₂O műtrágya-hatóanyag használatához köthető - a jelenlegi szerves trágyázás és melléktermék alászántás változatlan mennyiségét feltételezve. Ezzel szemben - az ország és az agrárgazdaság gazdasági helyzetével reálisan számolva - csupán mintegy 240 ezer t N, 120-120 ezer t P₂O₅ és K₂O műtrágyahatóanyag-felhasználás valószínűsíthető hosszabb távon (NÉMETH et al., 1994). A legújabb adatok szerint elmozdult a mélypontról a hazai műtrágyahasználat volumene.

A K-mérlegek változásai

A magyar mezőgazdaság tápelemmérlegeit századunk különböző időpontjaiban, főképpen a növekvő műtrágyafelhasználás időszakában határozták meg ismert szakemberek (ZUKKER, 1938; FARKAS, 1942; GYÓRFFY, 1965; SARKADI, 1979; KÁDÁR, 1979, 1987; DEBRECZENI, 1987). A magyar mezőgazdaság tápelemforgalmát az intenzív nyugatnémet, ill. osztrák mezőgazdaságával KÁDÁR (1992) hasonlítja össze.

A mezőgazdasági művelésbe vont talajok NPK tápelemmérlegeinek újbóli meghatározását éppen a hazai növény táplálási gyakorlatban az utóbbi években beállt markáns változások tették indokolttá (CSATHÓ, 1994a).

2. táblázat

Hazai talajok átlagos K_2O mérlege a 30-as évektől napjainkig,
kg/ha mezőgazdasági területen (KÁDÁR, 1979, 1987; CSATHÓ, 1993)

Mérleg tételei	1932-36	1960-64	1971	1975	1984	1990	1991
Terméssel felvett	38	48	61	76	84	71	88
Visszapótlott:							
Istállótrágyával	16	18	20	21	21	12	23
Műtrágyával	-	7	45	82	71	29	6
Mellékterméssel	-	-	17	25	24	18	26
Összesen	16	25	82	128	110	59	55
Egyenleg	-22	-23	21	52	26	-12	-33
Egyenleg intenzitása, %	42	52	134	168	131	84	49

* Hányados, amely kifejezi, hogy a terméssel felvett K hány %-át pótlták vissza összesen.

A 2. táblázatban történeti áttekintést kaphatunk Magyarország mezőgazdaságilag hasznosított területe K-mérlegének változásairól, ZUKKER (1938), FARKAS (1942), GYÓRFFY (1965) és SARKADI (1979) becsléseit felhasználva KÁDÁR (1979, 1987) közleményei alapján, kiegészítve a saját 1990. és 1991. évi becsléseinkkel (CSATHÓ, 1993, 1994a).

Ismert tény, hogy Magyarországon az egységnyi mezőgazdasági területre jutó állatsűrűség csupán 1/3-a, 1/4-e a fejlett nyugat-európai országokban meglévőnek. A hazai állatállománytól évente keletkezett istállótrágyával gazdasági növényeink NPK-tápelem igényének mindössze 10-20 %-át tudnánk biztosítani. Ezt a megállapítást erősíti az a tény is, hogy hazánkban a növényekkel felvett NPK mennyisége csak akkor kezdett emelkedni, amikor a növekvő műtrágyahasználat eredményeképpen fokozatosan a korábbiaknak 2-3-szorosára nőttek a termésátlagok. Így a csupán szerves eredetű növényi tápelemekre alapozó ún. biológiai, vagy alternatív mezőgazdaság hazánkban nagyobb mértékben növény táplálási oldalról sem tartható fenn.

Az évezredes talajzsaroló tápanyag-gazdálkodás után a 60-as évek második felétől vált talajaink K-mérlege pozitívvá az egyre növekvő K-műtrágya-felhasználás következtében (KÁDÁR, 1979, 1987). A 70-es évek közepétől 1990-ig átlagosan 40-50 kg/ha/év pozitívumot mutató K-mérleg a talajaink javuló K-ellátottságában is megmutatkozott. A fejlett ipari országok gyakorlatát követve nem is annyira a növények, hanem a talaj trágyázása volt a cél, azaz hosszabb idejű talajgazdagító trágyázással, vagy egyszeri feltöltő adaggal a „jó” tápelem-ellátottság elérésének és fenntartásának igénye jelentkezett. A gazdag, fejlett, nagy népsűrűségű nyugati országok trágyázási filozófiája ma is ez (JOHNSTON & POULTON, 1992; FINCK, 1992).

A kevésbé fejlett, szegényebb országokban ezzel szemben a növények sajátos igényeit messzemenően figyelembe vevő gyakorlatot, a növény trágyázását tekintik célnak. Elég, ha csak a kalászosok és a kapások eltérő P- és K-igényére utalunk. Ezekben az országokban gyakran nem képesek a növények optimális tápelem-ellátottságát biztosítani. A piacgazdaság hazai bevezetése, a műtrágyáknak az agrárterményekhez képest relatíve magas ára Magyarországon is hosszú távon a növény trágyázásának gyakorlatát valószínűsíti, szemben a talajok kielégítő tápelem-ellátottságának fenntartásával.

Becslések szerint a 60-as évek közepétől, 70-es évek elejétől 1989-ig talajaink átlagosan 1000 kg/ha K_2O -val gazdagodtak ezen időszak pozitív K-mérlegei következtében (CSATHÓ, 1993).

Éppen az 1990-től kezdődő újabb talajzsaroló gazdálkodás, az 1991-től -30, -50 kg/ha-os K_2O -mérlegek teszik indokoltá a kérdést: vajon a korábbi K-feltöltések - kielégítő évenkénti NP-pótlás mellett - hol és mennyi ideig lesznek képesek a növények K-igényét biztosítani? Felértékelődnek a többféle talajon beállított hazai K-utóhatás kísérletek eredményei (KÁDÁR et al., 1991 stb), melyek részletes közlése, szintézise sok tekintetben még a jövő feladata. A talajgazdagító K-trágyázás tényét a talajvizsgálati eredmények is megerősítették (3. táblázat).

A hazai talajok kálium-ellátottságának alakulása

A korábban 3, jelenleg 5 évente kötelező talajvizsgálatok, az ország mezőgazdasági művelés alatt álló területére rendelkezésre álló 2-3 talajvizsgálati ciklus eredményei felbecsülhetetlen értéket jelentenek, és a szabadföldi kísérletek eredményeinek kiterjesztheségét is segíthetik.

A nitrogéntől és a foszfortól eltérően igen számottevő a természetes állapotban jó-igen jó K-szolgáltatású hazai talajok részaránya (3. táblázat). A 60-as évek elején pl. intenzív termelést feltételezve mintegy 40, extenzív viszonyok között 50 %-ra volt tehető a jó-igen jó ellátottságú talajok részaránya Magyarországon (KÁDÁR, 1992; STEFANOVITS & SARKADI, 1963). A talajgazdagító K-trágyázás hatására a hazai talajok K-ellátottsága csak mérsékelten javult tovább a foszforhoz képest: 1981-re 49, 1985-re 57, míg 1987-re a kukorica területek 65 %-a vált káliummal jól, vagy igen jól ellátottá (KOVÁCS, 1984; BARANYAI et al., 1987; BUZÁSNÉ et al., 1988).

3. táblázat
A magyarországi talajok K-ellátottsága, 1960-1987

Ellátottsági kategória*			Időpont	Megjegyzés	Forrás
Igen gyenge,	Közepes	Jó, igen jó			
18	32	50	1960	mg. műv. területen	STEFANOVITS & SARKADI, 1963
25	35	40	1960-70	mg. műv. területen	KÁDÁR, 1992
12	39	49	1977-81	mg. műv. területen (I. tv. ciklus)	KOVÁCS, 1984
16	27	57	1982-85	szántó 75 %-án (II. tv. ciklus)	BARANYAI et al., 1987
13	22	65	1987	> 800 e ha kukorica	BUZÁSNÉ et al., 1988

*A terület %-ában

Ahogy korábban a tápelemmérlegek szerinti talajgazdagítás tényét talajvizsgálattal is igazoltuk, ugyanúgy ma is elengedhetetlen feladat a talajok csökkenő tápelemkínálatát kémiai módszerekkel ellenőrizni, eredményét a trágyázási szaktanácsadásban figyelembe venni.

Felmerül ugyanakkor a kérdés: vajon a megelőző időszakok K-műtrágyázási gyakorlata szakmai szempontok szerint mennyire volt megalapozott? Indokolt volt-e pl. a kötött agyagtalajok ilyen mérvű K-trágyázása a 70-es, 80-as években? Ezekre a kérdésekre csupán a hazai agrokémiai iskolák, műhelyek által beállított, publikált hazai szabadföldi kísérletek eredményeinek egységes szempontok szerinti feldolgozása, szintézise, árnyaltabb értelmezése alapján kísérrelhetünk meg válaszolni.

T 006511 számú OTKA pályázatunk keretében a kukorica, őszi búza és lucerna kísérletekben kapott K hatások és a K-kontrollparcellák AL-K-ellátottsága közötti összefüggések vizsgálatával többek között ezekre a kérdésekre is kerestük a választ.

Korábbi hazai és nemzetközi összefüggés-vizsgálatok

A múlt század végén - e század első harmadában - mint ismeretes - termésmenvelés szempontjából hazánkban a szuperfoszfátot tartották a legfontosabbnak (CSERHÁTI & KOSUTÁNY, 1887). A 40-es, 50-es évek szabadföldi NPK-trágyázási kísérletsorozatai alapján viszont a N-műtrágyázás már kétszer akkora termésmenvekedést adott, mint a foszfor. A makroelemtrágyák közül a kálium a kalászosok között a 3., a kapásokban (burgonya, kukorica) a 2. helyet foglalta el termésmenvekedés hatása szempontjából (ID. VÁRALLYAY, 1950; SARKADI, 1963; LÁNG, 1963; LATKOVICSNÉ, 1963).

KERESZTÉNY (1958) id. Várallyay kísérleteiben a kontrollparcellák Nehring-K tartalmának logaritmus, a kontroll termésének logaritmus és a termésmenvekedés ki- fejezett K-hatások között jó összefüggéseket kapott.

A talaj könnyen oldható K-tartalmának becslésére a 40-es évektől a Nehring-módszer terjedt el, melyet részben a DL-, majd a 60-as évek közepétől az AL-módszer váltott fel hazánkban. A talaj tápelem-ellátottságát becsülő kémiai talajvizsgálatok száma a műtrágyahasználattal együtt növekedett külföldön és Magyarországon is (SZABOLCS, 1969) és 1977-től 1990-ig 3 évente kötelező volt a mezőgazdasági üzemek számára.

Mint ismeretes, bármely talaj-tápanyag vizsgálati módszer annyit ér, amennyire te- nyészedény- és szabadföldi kísérletekben kalibrálásra került. Egy-egy talajvizsgálati módszer megbízhatóságát jelzi, ha az jól reprodukálható és különféle talajtulajdon- ságok mellett is jól becsüli az adott tápelemmel való ellátottságot (BRAY, 1944; SARKADI, 1975; SÁRDI & NÉMETH, 1994; VÁRALLYAY et al., 1992).

Egy-egy talajon a könnyen oldható tápelemtartalom és a termés közötti összefü- gés különböző (telítési, másodfokú stb.) függvénykapcsolatokkal általában jól jel- lemezhető (DI GLÉRIA, 1959). Egy adott talajvizsgálati módszer (pl. K-teszt) és a kü- lönböző talajokon jelentkező tápelem- (pl. K) hatások közötti összefüggés is kifejez- hető ugyanakkor függvénykapcsolattal, ha független változóként a K-kontroll (NP) ke- zelések könnyen oldható tápelemtartalmát, függő változóként pedig az egyes kísérle- tek termésmenvekedést (NPK-NP, t/ha), vagy relatív terméssel (NP/NPK, %) jellemzett K-hatásait ábrázoljuk (BRAY, 1944; ARNOLD & SCHMIDT, 1951; COOKE, 1972).

A talajvizsgálat - relatív termés kapcsolat módosított Mitscherlich-görbével jellemezhető BRAY (1944) szerint. BRAY (1944) megjegyzi, hogy a relatív termések kisebb szórást mutatnak, mint a termésmenvekedések és ebből a szempontból jobban alkal- masak a különböző talaj- és időjárási viszonyok között is egy bizonyos talajvizsgálati

módszerrel jellemzett tápanyag-ellátottság és a tápelemhatás közötti összefüggés leírására, mint a terméstöbbletek. A relatív termések alkalmazását is feltételekhez köti: az adott növény vetésmódjának, területegységre jutó tőszámának és termőképességének hasonlóknak kell lennie. Ezek a feltételek teljesülnek az 1960 és 1990 között beállított hazai kukorica, őszi búza és lucerna K-trágyázási kísérletek döntő többségében is.

Anyag és módszer

A hazai szakirodalomban talált, 1960 és 1990 közötti szabadföldi kukorica, őszi búza és lucerna K-hatás kísérletek adatbázisán kísérletem meg a K-kontroll (NP) parcellák AL-K₂O-tartalma és a százalékos (NP/NPK, %), ill. a terméstöbbletekben kifejezett (NPK-NP, t/ha) K-hatások közötti összefüggéseket jellemezni.

Az évjárat a tápelemhatások nagyságára is befolyással bír. BARBER (1960) legnagyobb százalékos K-hatásokat a szárazabb, illetve az extrémén csapadékos nyarú évjáratokban kapott kukorica kísérletében. GERICKE (1949, 1950) több ezer szabadföldi P- és K-trágyázási kísérletben vizsgálta az éves csapadékmennyiség és a P-, illetve K-hatások kapcsolatát. A t/ha-ban mért P-, ill. K-hatások mind kalászos, mind burgonya, cukorrépa és takarmányrépa kultúrában általában nagyobbak voltak a magasabb csapadékszinteken. Hasonlóak a hazai tapasztalatok is burgonya, ill. kukoricánövényekkel (CSATHÓ et al., 1991; NAGY, 1995; NAGY & HUZSVAI, 1995; NÉMETH, 1975). Az évjáráthatások csökkentése érdekében feldolgozásunkban a K-hatásokat az 1-10. évek átlagában szerepeltetjük egy-egy tartamkísérleten belül.

A rendelkezésre álló csapadék a kapás kultúrákban gyakran, a kalászosok esetében inkább csak az aszályos években nem fedezi a növények vízigényét Magyarországon (ANTAL, 1986; RUZSÁNYI, 1974; SZÁSZ, 1987; LÁSZITTY, 1991a). BERÉNYI (1945) az átlagosnál csapadékosabb és melegebb júliusi évjáratokat tekinti a kukoricára kedvezőnek.

Ismert tény, hogy trágyázási tartamkísérletekben az évek múlásával a legjobb kezeléseket általában egyre nagyobb terméstöbbleteket, trágyahatásokat kapunk a kontrollparcellákhoz képest. A 10 évesnél idősebb K-tartamkísérlet eredmények nem szerepelnek feldolgozásunkban, mivel a K-kontrollparcellák elszegényedése, valamint a káliumot kapott kezeléseket a K-akkumuláció a 2-4 éves kísérletekhez képest eltérő eredményt adhatott volna. Ez alól csak egy-egy esetben tettünk kivételt (új kísérleti hely bevonása, ahol az általános trendekbe illőek a K-hatások) (HARMATI & SZEMES, 1979, 1982). A feldolgozásba bevont, 1960 és 1990 között publikált hazai kukorica, őszi búza és lucerna K-hatás kísérletek irodalmi forrásait - a kísérletek fizikai félesége szerinti csoportosításban - a 4. táblázat tartalmazza. A táblázatba - és így az értékelésbe sem - nem kerültek bele az 1990 után publikált, sokszor hézagpótló kísérleti adatok (DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994; KÁDÁR, 1992, 1993; KÁDÁR & SZEMES, 1994; LÁSZITTY, 1991b; stb.). Terveink között szerepel ugyanakkor ezeknek a kísérleti eredményeknek is az adatbázisunkba való integrálása. Nem kerültek be az őszi búza kísérleteket értékelő 6. táblázatba a feltöltő K-trágyázási kísérletek eredményei, mivel a gazdaságos K-adagok ezekben nem becsülhetők (KÁDÁR, 1980; KÁDÁR & LÁSZITTY, 1979; LÁSZITTY, 1986; MÁRTON, 1985b; PEKÁRY & HOLLÓ, 1979). A kukorica kísérletek között ilyen problémával nem találkoztunk. Lucernában természetesen a telepítés előtt egy adagban történt a K-trágyázás. A 7. táblázatban az egy évre

4. táblázat
Az 5-7. táblázatokban, ill. a 2. ábrán szereplő kísérletek irodalmi forrásai,
a talajok fizikai félesége szerinti csoportosításban

Kísérleti hely	Talajtípus	Irodalmi forrás
Csengőd Kecskemét-Szarkás Kenyeri Ménk Nagykálló Nyírlugos Órbottyán	humuszos homok lepelhomok humuszos homok öntéstalaj barna erdőtalaj kovárványos barna erdőtalaj humusz homok	<i>Homoktalajok</i> LÁSZTITY, 1974, 1977 (k) HAMMER, 1977 (k) DENKE, 1974b (l) TATÁR, 1985 (b) KRÁMER, 1967b (b); LATKOVICSNÉ 1979 (k) SZEMES et al., 1984b (b) KOZÁK, 1977 (k); KOZÁK & SZEMES, 1984 (l); KOZÁK et al., 1978 (l); LÁSZTITY, 1976, 1989 (k); 1986 (b); SZEMES & LÁSZTITY, 1980 (k); SZEMES et al., 1984a (k)
Agárd Gyulátanya Kecskemét Keszthely Szilvásvárad	mészlepedékes csernozjom humuszos homok meszes csernozjom Ramann-féle barna erdőtalaj agyagbemosódásos barna erdőtalaj	<i>Homokos vályogtalajok</i> DENKE, 1974a (k), 1974b (l) MARTON, 1985 (b); DENKE, 1974b (l) PROHÁSZKA & GURABI, 1974 (k) BELÁK & NAGY, 1961 (b); BELÁK et al., 1968 (b); DENKE, 1974a (k), 1974b (l); LANG, 1978 (b, k); LANG & NÉMETH, 1977 (b, k); NÉMETH, 1985 (b) DENKE, 1974b (l)
Bicsérd Csesztreg Irgszemcse Mosonmagyaróvár Martonvásár	csernozjom barna erdőtalaj agyagbemosódásos barna erdőtalaj mészlepedékes csernozjom öntéstalaj erdőmaradványos csernozjom	<i>Vályogtalajok</i> DENKE, 1974a (k), 1974b (l) HECKENAST & NÉMETH, 1983 (b) DENKE, 1974a (k), 1974b (l) DENKE, 1974a (k), 1974b (l) KOLTAY, 1971 (b); KRÁMER, 1966 (k), 1971 (b)

4. táblázat folytatása

Kísérleti hely	Talajtípus	Irodalmi forrás
Nagyhőrcsök	mészlepedékes csernozjom	DENKE, 1974a (k), 1974b (l); KÁDÁR, 1980 (b, k); KÁDÁR & KRÁMER, 1978 (b); KRÁMER, 1967b, 1971 (b); LATKOVICSNÉ 1967, 1979 (k); SARKADI & BALLÁNÉ, 1990 (k); SARKADI et al., 1985 (b)
Nagykanizsa Pesthidegkút Szeged	agyagbemosódásos barna erdőtalaj barna erdőtalaj szolonyeces réti csernozjom	DENKE, 1974a (k) LATKOVICSNÉ & KRÁMER, 1968 (b, k); KRÁMER & LATKOVICSNÉ 1971 (b, k) DENKE, 1974a (k), 1974b (l); KOCÁRDI, 1971 (b); NÉMETH & DOMBOVÁRI, 1979 (l)
Tiszaeszlár	szikes talaj	TATÁR, 1985 (b)
<i>Agyagos vályogtalajok</i>		
Ecséd	csernozjom barna erdőtalaj	KRISZTIÁN, 1983 (b)
Fülpöszállás	meszes réti talaj	HARMATI & SZEKER, 1971 (b). HARMATI & SZEMES, 1979, 1982 (b)
Karcag	réti csernozjom	DENKE, 1974a (k); 1974b (l)
Kompolt	csernozjom barna erdőtalaj	DENKE, 1974a (k), 1974b (l); KRÁMER & PEKÁRY, 1962 (b, k); KRISZTIÁN et al., 1988 (b, k); PEKÁRY, 1969 (k)
Mezőnagymihály	réti csernozjom	KRÁMER, 1967b (b); LATKOVICSNÉ, 1967, 1979 (k)
Nagyhegyes	mélyben karbonátos csernozjom	DENKE, 1974a (k), 1974b (l)
Oroszáza	szolonyeces réti csernozjom	DENKE, 1974a (k), 1974b (l)
Putnok	agyagbemosódásos barna erdőtalaj	DENKE, 1974a (k); KADLICKÓ & KRISZTIÁN, 1977 (k); KADLICKÓ et al., 1988 (b, k); PEKÁRY, 1969 (k)
Szekszárd	karbonátmaradványos barna erdőtalaj	DEBRECZENI, 1969 (k), 1971 (b)
Szentgyörgyvölgy	pszeudoglejtes barna erdőtalaj	LÁNG & NÉMETH, 1979 (k); NÉMETH, 1985 (b)
<i>Agyagtalajok</i>		
Hajdúböszörmény	réti talaj	BOCZ & SÁRVÁRI, 1981 (b); DENKE, 1974a (k)
Hosszúhát	réti talaj	DENKE, 1974a (k)
Kisújszállás	réti talaj	DENKE, 1974b (l); MIHÁLYFALVY, 1971 (b)
Szarvas	szolonyeces réti talaj	DEBRECZENI, 1969 (k), 1971 (b); DENKE, 1974a (k), 1974b (l)

(b): őszi búza; (k): kukorica; (l): lucerna kísérletek

A nagyobb agyagtartalmú talajokon általában a szmektit, könnyebb talajokon az illit dominált az agyagásványok között (STEFANOVITS & RÓZSAVÖLGYI, cit. FÜLEKY, 1987). A K-hatások ugyanakkor inkább az agyagtartalom abszolút értékével, mint az agyagásványok minőségével mutattak összefüggést (KÁDÁR et al., 1991).

Kutatási eredmények

Átlagos K-hatások kukoricában, őszi búzában és lucernában a fizikai féleség és a talaj AL-K-tartalma függvényében

A kukorica, őszi búza és lucerna K-hatás kísérletek összefoglaló eredményeit a talajok fizikai félesége szerinti csoportosításban az 5-7. táblázatok tartalmazzák.

Kukoricában mély fekvésű, humuszos homoktalajon az átlagos K-hatás 1,7; homokos vályogon 0,7; vályogon 0,4; agyagos vályogon 0,2; agyagtalajon pedig 0,0 t/ha-nak adódott a maximális gazdaságos termést adó K-adagok esetén. Homokon és homokos vályogokon ezekhez a terméstöbbletekhez 70-130 kg/ha-ral több K_2O -ra volt szükség, mint agyagos vályog-agyagtalajokon. A 200 mg/kg feletti természetes AL- K_2O -tartalmú réti csernozjom-réti talajokon a K-műtrágyázás már hatástalannak és feleslegesnek bizonyult (5. táblázat) (CSATHÓ, 1994a).

Őszi búzában az irodalommal egyezően jóval alacsonyabbak voltak a K-hatások (DEBRECZENI & DEBRECZENINÉ, 1994; DENKE, 1974a; DÖRNER, 1925; FEKETE, 1959; ID. VÁRALLYAY, 1950; KADLICSÓ et al., 1988; KRISZTIÁN et al., 1988; LÁSZITTY, 1989; KÁDÁR et al., 1989; stb.). A hazai 1960-1990 közötti kísérletekben mély fekvésű humuszos homoktalajokon 0,5, ennél kötöttebb talajokon 0,1-0,3 t/ha volt az őszi búzában az átlagos K-hatás az 1-10. években a legnagyobb gazdaságos termést adó kezelésekben (6. táblázat) (CSATHÓ, 1997).

Hasonlóan a kukorica kísérletekben, őszi búzában is egyre alacsonyabb K_2O -adagok voltak szükségesek ennek a terméstöbbletnek az eléréséhez a nagyobb kötöttségű talajokon. 150-170 mg/kg AL- K_2O -tartalom felett minimálissá váltak a K-hatások őszi búzában (6. táblázat).

5. táblázat

Átlagos K-hatások Magyarországon szabadszíri kukorica kísérletekben, a talajok fizikai félesége szerinti csoportosításban (1960-1990) (CSATHÓ, 1994b)

Fizikai féleség	Tartam-kísérletek száma, n	K_A	H %	AL- K_2O , mg/kg (NP)	Adott K_2O^* kg/ha	Szem, t/ha a K-kontrollon (NP)	Relatív termés (100x NP/NPK)	Terméstöbblet, t/ha (NPK-NP)
Homok	8	28	1,20	83	130	4,68	74	1,68
H. vályog	5	36	2,14	134	134	5,56	88	0,69
Vályog	14	40	2,68	156	59	5,43	94	0,36
A. vályog	13	45	2,72	173	34	5,86	95	0,22
Agyag	4	56	3,00	208	0	6,42	100	0,00
Átlag (összes)	44	40	2,39	150	68	5,50	90	0,56

* A maximális gazdaságos termés (0,95 x maximális termés) eléréséhez szükséges K-adag.

6. táblázat

Átlagos K-hatások Magyarországon, szabadföldi őszi búza kísérletekben a talajok fizikai félesége szerinti csoportosításban (1960-1990) (CSATHÓ, 1997)

Fizikai féleség	Tartam-kísérletek száma, n	K _A	H %	AL-K ₂ O, mg/kg (NP)	Adott K ₂ O* kg/ha	Szem, t/ha a K-kontrollon (NP)	Relatív termés (100x NP/NPK)	Termés-többlet, t/ha (NPK-NP)
Homok	5	28	1,00	77	130	2,98	85	0,50
H. vályog	6	35	1,86	122	61	3,82	95	0,18
Vályog	14	39	2,64	150	28	4,03	98	0,09
A. vályog	10	45	2,74	175	28	3,96	95	0,27
Agyag	6	54	3,77	174	27	3,86	95	0,16
Átlag (Összes)	41	41	2,52	147	45	3,83	95	0,21

* ld. 5. táblázat

7. táblázat

Átlagos K-hatások Magyarországon, szabadföldi lucerna kísérletekben a talajok fizikai félesége szerinti csoportosításban (1960-1990) (CSATHÓ et al., 1996b)

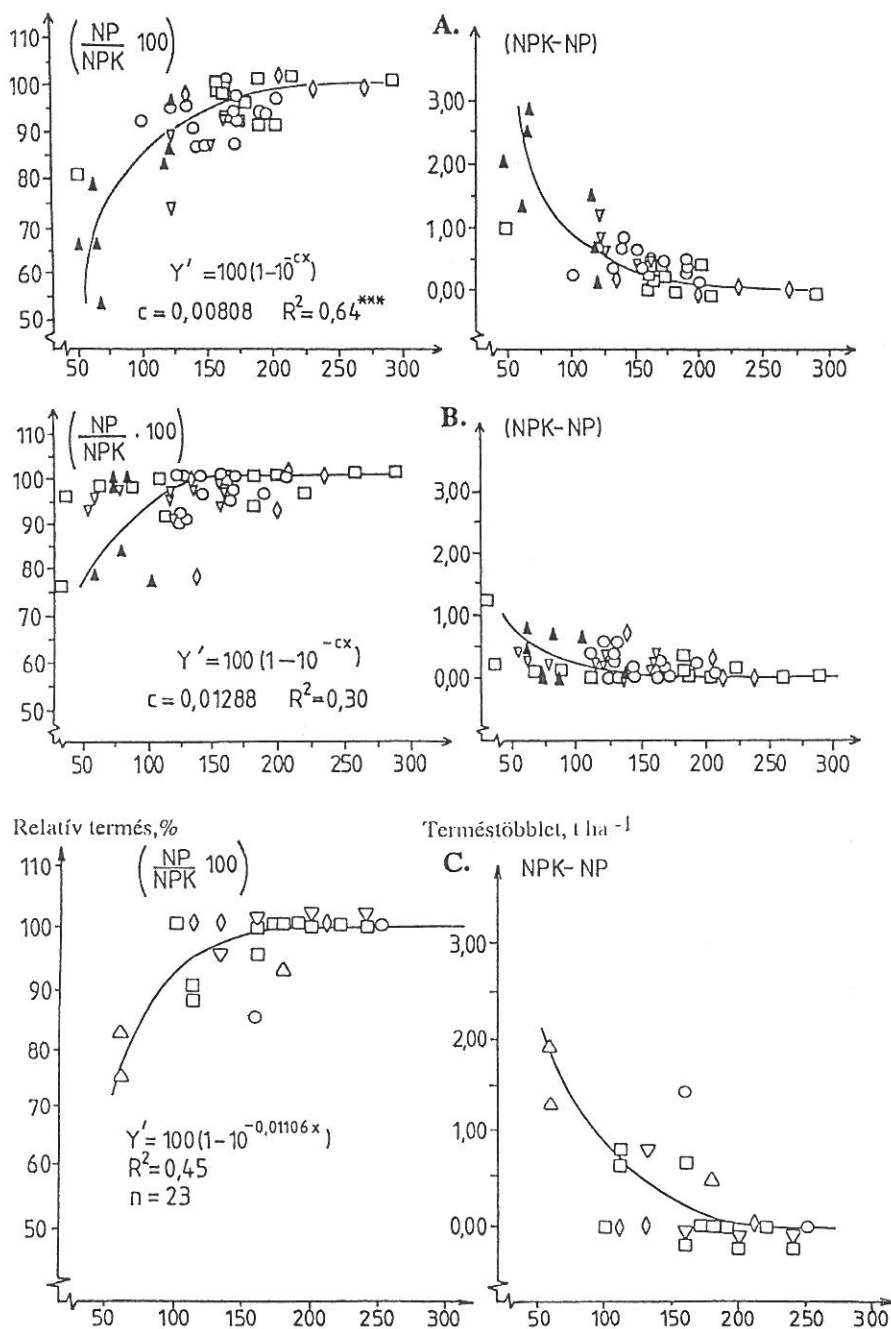
Fizikai féleség	Tartam-kísérletek száma, n	K _A	H %	AL-K ₂ O, mg/kg (NP)	Adott K ₂ O* kg/ha	Szem, t/ha a K-kontrollon (NP)	Relatív termés (100x NP/NPK)	Termés-többlet, t/ha (NPK-NP)
Homok	2	27	0,75	60	120	5,55	78	1,60
H. vályog	3	35	2,03	163	13	8,42	98	0,26
Vályog	2	42	2,80	205	46	8,95	90	0,74
A. vályog	12	45	2,99	172	16	7,74	98	0,18
Agyag	3	55	2,60	150	0	8,50	100	0,00
Átlag (Összes)	22	43	2,58	161	25	7,85	95	0,35

* ld. 5. táblázat. (Egy évre jutó gazdaságos K adag)

A lucerna K-hatások, nagyságukat tekintve, a kukorica és az őszi búza között helyezkedtek el: mély fekvésű, humuszos homoktalajon az átlagos K-hatás 1,6; homokos vályogon 0,3; vályogon 0,7; agyagos vályogon 0,2; agyagtalajon pedig 0,0 t/ha-nak adódott a maximális gazdaságos termést adó K-adagok esetén. Homokon ezekhez a terméstöbbletekhez 80-100 kg/ha-ral több K₂O-ra volt szükség, mint homokos vályog-vályog-agyagos vályog-agyagtalajokon. A 170-180 mg/kg feletti természetes AL-K₂O-tartalmú réti csernozjom-réti talajokon a K-műtrágyázás már hatástalannak és feleslegesnek bizonyult (7. táblázat) (CSATHÓ et al., 1996b).

A talajok AL-K-tartalma, a relatív termések és a terméstöbbletek közötti összefüggések

A K-kontroll- (NP) parcellák AL-K₂O-tartalma és a kukorica, őszi búza, ill. lucerna relatív termések (NP/NPK, %) kapcsolata telítési jellegűnek bizonyult, BRAY (1944) eredményeihez hasonlóan (2. ábra).



2. ábra

A K-kontroll (NP) parcellák talajának AL-K₂O-tartalma és a kukorica (A), őszi búza (B) és lucerna (C) relatív termése, ill. terméstöbblete közötti összefüggés a magyarországi szabadföldi K-hatás kísérletek adatbázisán, 1960-1990

A hazai kísérletek adatbázisára az $Y' = 100(1-10^{-cx})$ függvényt illesztettük, ahol a Y' = relatív termés %-ban kifejezett K-hatás az x AL-K₂O-tartalmú talajon, c = konstans érték. A c konstans („hatótényező”) értékét kukoricára, őszi búzára és lucernára külön-külön számítottuk ki. BRAY (1944) megállapítja, hogy a Mitscherlich által tápelemenként számított c érték az egyes növényekre más és más, ezért nem általánosítható. A hazai kísérletek adatbázisára kiszámított c értékek kukoricában 0,00808-nak, lucernában 0,01106-nak, őszi búzában pedig 0,01288-nak adódtak, és BRAY hipotézisét erősítik. Az illeszkedés megbízhatósága kukoricában jóval erősebb ($R^2 = 0,64$) volt, mint lucernában (0,45), ill. őszi búzában (0,30).

Itt jegyezzük meg, hogy a fenti adatbázis legnagyobb részt az Agrokémia és Talajtan, Növénytermelés, Acta Agronomica Hungarica, Kukoricatermesztési kísérletek, Búzaatermesztési kísérletek, Talajtermékenységi, NEVIKI anketok, Öntözési gazdálkodás című folyóiratok, könyvek, időszakos közlemények cikkeiből került kigyűjtésre. A Bray által módosított Mitscherlich-féle összefüggésnek a hazai trágyázási szaktanácsadásba való beépítése indokoltnak látszik eredményeink alapján.

A kísérletek K-kontroll- (NP) parcelláinak AL-K₂O-tartalma és a terméstöbbletek (NPK-NP, t/ha) kapcsolata hiperbolikus összefüggést mutatott (2. ábra).

A legnagyobb, terméstöbbletben kifejezett K-hatások alacsony AL-K-tartalmú talajokon kukoricában 2,5-3,0, lucernában 1,5-2,0, őszi búzában csupán 1,0-1,2 t/ha voltak. A talajok javuló K-ellátottságával a terméstöbbletek egyre kisebbek. Kukoricában 200 mg/kg, lucernában 170-180, őszi búzában 160-170 mg/kg AL-K₂O-tartalom felett a K-hatások gyakorlatilag megszűntek. Hasonlóak a tapasztalatok a Vajdaságban, a bányai löszhát csernozjom talajain is, ahol 200 mg/kg AL-K₂O-tartalom felett cukorrépában sem kaptak már K-hatásokat (MILOSEVIC et al., 1989). A svédországi trágyázási szaktanácsadási rendszerben a „jó” K-ellátottság alsó határa 190 mg/kg AL-K₂O (NILSSON, 1989). A tiszántúli finom textúrájú 300-500 mg/kg AL-K₂O-tartalmú talajokon (BARANYAI et al., 1987, cit. SARKADI & VÁRALLYAY, 1989) a K-trágyázás még a K-igényes kukorica alá is termés-csökkenés nélkül szüneteltethető AL-K₂O-tartalmuk 200 mg/kg alá csökkenéséig. Hasonlóak IZSÁKI (1988) tapasztalatai is cukorrépában.

Mind az AL-K - relatív termés, mind az AL-K - terméstöbblet összefüggésekből látható, hogy az AL-módszer a legkülönbözőbb talajtulajdonságok mellett is jól tükrözte a talajok természetes K-szolgáltatását, megbízható talaj K-tesztnek bizonyult.

A fenti összefüggések ismeretében fizikai féleségenként új AL-K-ellátottsági kategóriákat dolgoztunk ki kukorica és őszi búza növényekre, ID. VÁRALLYAY (1950) Nehring-K ellátottsági kategóriáihoz hasonlóan, aki a kalászosokra és kapásokra szintén külön-külön kategóriákat alkalmazott (8. és 9. táblázat).

8. táblázat

A talajok AL-K₂O ellátottsági határértékei fizikai féleségenként csoportosítva kukorica és lucerna növények számára, az 1960-1990 közötti hazai szabadföldi K-trágyázási kísérletek alapján becslve (CSATHÓ, 1995)

Fizikai féleség	Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Jó	Magas
Homok	< 60	61-90	91-120	121-150	> 151
Homokos vályog	< 100	101-140	141-170	171-200	> 201
Vályog	< 120	121-150	151-180	181-220	> 221
Agyagos vályog	< 130	131-160	161-190	191-240	> 241
Agyag	< 140	141-170	171-200	201-260	> 260

9. táblázat

A talajok AL-K₂O ellátottsági határértékei fizikai féleségenként csoportosítva őszi búza növény számára, az 1960-1990 közötti hazai szabadföldi K-trágyázási kísérletek alapján becslve (CSATHÓ, 1995)

Fizikai féleség	Igen gyenge	Gyenge	Közepes	Jó	Magas
Homok	< 40	41-60	61-90	91-120	> 121
Homokos vályog	< 80	81-100	101-140	141-170	> 171
Vályog	< 100	101-120	121-150	151-180	> 181
Agyagos vályog	< 110	111-130	131-160	161-190	> 191
Agyag	< 120	121-140	141-170	171-200	> 201

Ha elfogadjuk azt az alapelvet, hogy a talaj K- (és egyéb tápelem) ellátottságát maga a növény jelzi legpontosabban, akkor azt is el kell fogadnunk, hogy amennyiben a különféle növények vagy növénycsoportok más és más trágyareakciókat mutatnak, tápelem-ellátottsági kategóriáik is különbözőek lesznek (8. és 9. táblázat).

Az itt bemutatott, e három növény K-hatásai alapján összeállított új kukorica és lucerna AL-K₂O-ellátottsági határértékek agyagos vályog, agyagtalajokon jóval alacsonyabbak más trágyázási szaktanácsadási rendszerekben (MÉM NAK, 1979) szereplőknél, és viszonylag jó egyezőséget mutatnak az ún. „Keszthelyi Értekezlet” (cit. SARKADI, 1975) és KÁDÁR (1989) határértékeivel (8. táblázat).

Az őszi búza AL-K₂O-ellátottsági határértékei - lévén kevésbé K-igényes növény - alacsonyabbak, mint a kukoricáé vagy lucernáé (9. táblázat). Ez arra is utal, hogy minden, a kukoricára és lucernára érvényes AL-K-ellátottsági kategória az őszi búzára mindig eggyel magasabb K-ellátottságot jelent.

Ezen feldolgozás eredményeire támaszkodva feltételezhető, hogy a tiszántúli finom textúrájú talajok K-trágyázása - melyek AL-K₂O-tartalma a 80-as évek közepére elérte a 300-500 mg/kg-ot - szakmailag elhibázott lépés volt. Erre Láng Géza már a 70-es évek elején felhívta az illetékesek figyelmét OMTK-kísérletek eredményei alapján (DEBRECZENI, 1991).

A durvább, ill. közepesen durva textúrájú talajoknak a „jó” ellátottságig talajgazdagító K-trágyázással való feltöltése szakmailag indokolt, és a magas termésátlagok biztosításának egyik alapfeltétele lehet (SLAN = sufficient level of available nutrients). A nagy népsűrűségű, gazdag nyugat-európai országokban, az Egyesült Államok kukoricaövezetében ma is ez a gyakorlat. Más kérdés, hogy a legnagyobb gazdaságos termések ennél kevésbé intenzív K-trágyázással érhetők el feltételezhetően.

Mivel az 1960-1990 közötti, itt bemutatott hazai kukorica és őszi búza K-hatás kísérletekben a melléktermékek minden esetben lekerültek a parcellákról, értelmezésükhöz fontos azoknak a szabadföldi kísérleteknek az ismerete, ahol szalma-, ill. szártrágyázásos kezelések voltak (ÁRENDÁS, 1995; BALLÁNÉ, 1974; NÉMETH, 1991; SARKADI, 1975; stb.).

Megjegyezzük, hogy az 1960-1990 közötti, az irodalomban talált, itt bemutatott kukorica, őszi búza és lucerna kísérletek egyikében sem történt szerves trágyázás. Fontos lehet ugyanakkor annak ismerete, hogy a műtrágyák mennyiben helyettesíthetők szerves trágyával (ÁRENDÁS, 1995; ÁRENDÁS & CSATHÓ, 1994; HOLLÓ, 1993; LÁNG, 1960; NÉMETH, 1991; SARKADI, 1975).

Az itt közölt kukorica, lucerna és őszi búza AL-K₂O-ellátottsági határértékek a fenti három, legfontosabb termesztett növényünk biztonságos, és egyben környezet-

kímélő, hosszú távon fenntartható K-táplálását irányzó szaktanácsadási rendszer alapjául szolgálhatnak (CSATHÓ et al., 1996c).

Fenti eredményeink szemléletesen bizonyítják mind a K-műtrágyákat méregként feltüntető, hazai használatuk indokoltságát tagadó, mind a sablonos K-trágyázást propagáló nézetek tarthatatlanságát.

Összefoglalás

Összeállítottuk az 1960 és 1990 között, a szakirodalomban talált hazai szabadföldi kukorica, őszi búza és lucerna K-hatás kísérletek adatbázisát. Összefüggéseket mutatunk ki a K-kontroll- (NP) parcellák AL-oldható K-tartalma és a relatív termésben, ill. terméstöbbletben kifejezett K-hatások között.

A talaj könnyen oldható K-tartalma és a relatív termés közötti kapcsolat BRAY (1944) által módosított Mitscherlich-függvénnyel volt leírható: $Y' = 100(1 - 100^{-cx})$, ahol Y' = a relatív termés %-ban kifejezett K-hatás az x AL- K_2O -tartalmú talajon, c = konstans (Mitscherlich-féle „hatótényező”).

A hazai szabadföldi kísérletek adatbázisán a c értéke - BRAY (1944) eredményeihez hasonlóan - kukoricára (0,00808), lucernára (0,01106) és őszi búzára (0,01288) különbözőnek adódott.

A determinációs együttható (R^2) a kukorica kísérletekre volt a legnagyobb (0,64***), ezt követte a lucerna (0,45), majd az őszi búza (0,30).

A K-kontrollparcellák AL- K_2O -tartalma és a terméstöbbletek (NPK-NP, t/ha) között hiperbolikus összefüggés volt kimutatható.

A K-hatások akkor csökkentek minimálisra, ill. szűntek meg, amikor az AL- K_2O -tartalmak meghaladták a 160-170 mg/kg-ot az őszi búza kísérletekben, a 170-180 mg/kg-ot a lucerna kísérletekben, ill. a 200 mg/kg-ot a kukorica kísérletekben.

Káliumtrágyázás esetében legnagyobb hatásokat a kukorica mutatott, ezt követte a lucerna, majd az őszi búza. Az átlagos terméstöbbletek kukorica esetében 0,0 és 1,7 t/ha, lucernánál 0,0 és 1,6 t/ha, az őszi búza esetében pedig 0,1 és 0,5 t/ha között változtak.

Mind az AL-K - relatív termés, mind az AL-K - terméstöbblet összefüggésekből látható, hogy az AL-módszer a legkülönbözőbb talajtulajdonságok mellett is jól tükrözte a talajok természetes K-szolgáltatását, megbízható talaj K-tesztnek bizonyult.

A fenti összefüggések jól használhatóak a szakirányú agrár-felsőoktatásban, ill. felhasználhatók környezetkímélő trágyázási szaktanácsadási rendszer(ek) létrehozásához.

Irodalom

- ANTAL E., 1986. Éghajlatváltozás, aszály, mezőgazdaság. MTA előadás. Kézirat.
- ÁRENDÁS T., 1993. Kukorica - őszi búza dikultúra trágyázása erdőmaradványos csernozjomon. Martonvásár, 1960-1992. Egyetemi doktori disszertáció.
- ÁRENDÁS T., 1995. őszi búza tápláltsági állapotának értékelése különböző trágyázási rendszerekben. Agrokémia és Talajtan. 44. 18-30.
- ÁRENDÁS T. & CSATHÓ P., 1994. Azonos NPK-hatóanyagú szerves- és műtrágyázás hatása a talajtulajdonságok függvényében. Agrokémia és Talajtan. 43. 399-407.
- ARNOLD, C. Y. & SCHMIDT, W. A., 1951. Soil test as measure of phosphorus available to tomatoes on heavy soils. Soil Science. 71. 105-115.

- BALLA A-NÉ, 1974. Trágyázási kutatások eredményei. 3. Szalma és kukoricaszár trágyázás (1957-1968) (Szerk.: DENKE J.). Kutatóintézeteket Ellátó Állomás. Budapest.
- BALLA A-NÉ, 1980. Istállótrágyázási és műtrágyázási kísérletek Martonvásáron 1958-1978-ban. Növénytermelés. **29**, 347-356.
- BALLA A-NÉ & SARKADI J., 1977. Kukorica- és búzatermesztési kísérletek monokultúrában és vetésváltással. Növénytermelés. **26**, 69-79.
- BARANYAI F., FEKETE A. & KOVÁCS I., 1987. A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BARBER, A. S., 1960. The influence of moisture and temperature on phosphorus and potassium availability. 7th Int. Congr. of Soil Sci. **2**, 435-442. Madison, Wisc. USA.
- BELÁK S. & IFJ. NAGY L., 1961. Őszi búza termesztése évelő pillangós után. In: Búzatermesztési kísérletek, 1952-1959. (Szerk.: BAJAI J.) 330-333. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- BELÁK S., HORVÁTH GY-NÉ & SIMON F., 1968. A műtrágyák gazdaságos felhasználásának vizsgálata vetésforgó keretében. Talajtermékenység. **3/2**, 83-89.
- BERÉNYI D., 1945. A kukorica termése és összefüggése az időjárással. Tiszántúli Mezőgazd. Kamara. Debrecen.
- BOCZ E. & SÁRVÁRI M., 1981. Összefüggés a búza előveteménye, tápanyagellátása és termés-eredménye között. Növénytermelés. **30**, 437-445.
- BRAY R. H., 1944. Soil-plant relations: I. The quantitative relation of exchangeable potassium to crop yields and to crop response to potash additions. Soil Sci. **58**, 305-324.
- BUZÁS I-NÉ, KARKALIK A-NÉ & TIHANYI L., 1988. A műtrágyázási szaktanácsadás és a műtrágyázás gyakorlatának összehasonlítása az 1987. évi kukoricatermesztési adatok alapján. Hungagrochem '88. 183-189.
- COOKE, G. W., 1972. Fertilizing For Maximum Yield. Crosby Lochwood & Son, Ltd. London.
- CSATHÓ P., 1993. Kálium műtrágyahatásokat befolyásoló tényezők. Kandidátusi értekezés tézisei. Budapest.
- CSATHÓ P., 1994a. A magyarországi talajok NPK mérlegei 1990-ben és 1991-ben. Szemle. Növénytermelés. **43**, 551-561.
- CSATHÓ P., 1994b. Database for Hungarian K-fertilization field trials with maize and winter wheat, 1960-1990. 3rd ESA Congress. Abano-Padova, Italy. 464-465.
- CSATHÓ P., 1995. A kukorica és őszi búza fenntartható kálium táplálása. In: XXXVII. Georikon Napok. A fenntartható fejlődés időszervi kérdései a mezőgazdaságban. **1**, 220-226.
- CSATHÓ P., 1997. A talaj K-ellátottsága és a K-hatások közötti összefüggések leírása hazai szabadföldi kukorica, őszi búza és lucerna tartamkísérletek adatbázisán. T 006511 OTKA pályázat zárójelentése. MTA TAKI, Budapest. Kézirat.
- CSATHÓ P. & KÁDÁR I., 1990. Adatok a foszfor és kálium feltöltő-fenntartó műtrágyázáshoz. Agrokémia és Talajtan. **39**, 111-126.
- CSATHÓ P., ÁRENDÁS, T. & VÉGH, K. R., 1996a. Correlation between K-test values and responses to K fertilization in a dataset of Hungarian field trials with maize and winter wheat, 1960-1990. In: 4th ESA Congress. (Eds.: VAN ITTERSUM, M. K. et al.) **1**, 236-237. Veldhoven-Wageningen, The Netherlands.
- CSATHÓ P., ÁRENDÁS, T. & NÉMETH, T., 1996b. Evaluation of the dataset of the Hungarian K-fertilization field trials with maize, winter wheat and alfalfa, 1960-1990. In: Proc, 9th IAOPN Colloquium, Prague. (Eds.: MARTIN-PRÉVEL, P. & BAIER, J.) 606-609. Czech Republic.
- CSATHÓ P., ÁRENDÁS, T. & NÉMETH, T., 1996c. Környezetkímélő őszi búza és kukorica trágyázási szaktanácsadási rendszer számítógépes bemutatója. OMÉK. Gödöllő.
- CSATHÓ P., LÁSZTITY B. & SARKADI J., 1991. Az "évjárat" hatása a kukorica termésére és terméselemeire P-műtrágyázási tartamkísérletben. Növénytermelés. **40**, 339-351.
- CSEHRÁTI S. & KOSUTÁNY T., 1887. A trágyázás alapelvei. Orsz. Gazd. Egy. Könyvkiadó Váll. Budapest.

- DEBRECZENI B., 1969. A műtrágyázás, az öntözés és a talajtípus néhány összefüggése a kukoricatermesztésben. In: Kukoricatermesztési kísérletek, 1965-1968. (Szerk.: I'só I.) 423-432. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DEBRECZENI B., 1971. A műtrágyázás, az öntözés és a talajtípus néhány összefüggése az őszi búza-termesztésben. In: Búzatermesztési kísérletek, 1960-1970. (Szerk.: I'só I.) 279-286. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DEBRECZENI B., 1987. A magyar mezőgazdaság NPK-mérlege. Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle. 150-153.
- DEBRECZENI B., 1991. Szóbeli közlés.
- DEBRECZENI B. & DEBRECZENI B-NÉ, (Szerk.) 1994. Trágyázási kutatások, 1960-1990. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DENKE J., (Szerk.) 1974a. Trágyázási kutatások eredményei. 2. Kukorica. MÉM-KATE. Budapest-Keszthely.
- DENKE J., (Szerk.) 1974b. Trágyázási kísérletek eredményei. 5. Lucerna. MÉM-KATE. Budapest-Keszthely.
- DI GLÉRIA J., 1959. Mezőgazdasági kémia. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- DORNER B., 1925. A kereskedelmi trágák története, gyártása és használata. 3. kiad. Atheneum. Budapest.
- EGNER, H., RIEHM, H. & DOMINGO, W. R., 1960. Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. K. Lantbr. Högsz. Ann. 26. 199-215.
- FARKAS Á., 1942. Magyarország talajerőmérlege. Magyar Gazd. Kut. Int. Budapest.
- FEKETE B., 1959. A hazai káliumtrágyázás kritikai elemzése. Agrártudomány. 11. (8-9) 20-24.
- FINCK, A., 1992. Phosphatic fertilization and crop quality. In: Abstracts Volume, 4th Int. IMPHOS Conference "Phosphorus, life and environment", 8-11. Sept. Gent, Belgium. 26.
- FÜLEKY, GY., 1987. Potassium supply in typical soils of Hungary. Bull. Univ. Agric. Sci. Gödöllő. 1. 113-119.
- GERICKE, S., 1949. Beziehung zwischen den Wachstumsfaktoren Wasser, Phosphorsäure und Kali. I. Zeitschr. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 44. (89) 171-198.
- GERICKE, S., 1950. Beziehung zwischen den Wachstumsfaktoren Wasser, Phosphorsäure und Kali. II. Zeitschr. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 49. (94) 170-190.
- GYÖRFFY B., 1965. Talajtermékenység és kemizálás. Tudomány és Mezőgazdaság. 3. 11-20.
- HAMMER E., 1977. Műtrágyázási kísérletek kukorica monokultúrában Duna-Tisza közti homoktalajon. A mezőgazd. kemizálása. NEVIKI-KAE Ankét. 82-89. Veszprém-Keszthely.
- HARMATI I. & SZEKÉR T., 1971. Búza-műtrágyázási kísérletek eredményei Duna-Tisza közti erősen meszes réti talajokon. In: Búzatermesztési kísérletek, 1960-1970. (Szerk.: BAJAI J.) 323-337. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- HARMATI I. & SZEMES D., 1979. Műtrágyahatás-vizsgálat néhány búzafajtaival műtrágyázási tartamkísérletben meszes réti talajon. Növénytermelés. 28. 535-542.
- HARMATI I. & SZEMES D., 1982. A műtrágyázás hatása különböző búzafajtákra. Agrokémia és Talajtan. 31. 257-265.
- HECKENAST B. & NÉMETH T., 1983. A foszfor és kálium tartalékoló műtrágyázás talajra és növényre gyakorolt hatásának vizsgálata agyagbemosódásos barna erdőtalajon. A mezőgazd. kemizálása. NEVIKI-KAE Ankét. 2. 83-85. Keszthely.
- HOLLÓ S., 1993. A szerves- és műtrágyázás hatásának összehasonlítása vetésforgó trágyázási kísérletekben. Kandidátusi értekezés tézisei. Kompolt.
- IZSÁKI Z., 1988. Összefüggés a cukorrépa tápláltsági állapota, a termés mennyisége és minősége között növényanalízis alapján. Kandidátusi értekezés tézisei. Szarvas.
- JOHNSTON, A. E. & POULTON, P. R., 1992. The role of phosphorus in crop production and soil fertility. 150 years of field experiment at Rothamsted, United Kingdom. In: Abstracts Volume, 4th Int. IMPHOS Conference "Phosphorus, life and environment" 8-11 Sept. Gent, Belgium. 72-74.

- KADLICSKÓ B. & KRISZTIÁN J., 1977. N-P-K műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával és tavaszi árpával, erodált agyagbemosódásos barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. **26**. 315-322.
- KADLICSKÓ B., KRISZTIÁN J. & HOLLÓ S., 1988. Kálium műtrágyázási kísérletek eredményei barna erdőtalajokon. *Növénytermelés*. **37**. 43-51.
- KÁDÁR I., 1979. Földművelésünk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. *Agrokémia és Talajtan*. **28**. 527-544.
- KÁDÁR I., 1980. A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében. *Agrokémia és Talajtan*. **29**. 577-594.
- KÁDÁR I., 1987. Földművelésünk ásványi tápanyagforgalmáról. *Növénytermelés*. **36**. 517-526.
- KÁDÁR I., 1989. A táblaszintű műtrágyaigény becsléséről. XIX. Hungagrochem. Konf. 19-23. NEVIKI-KAE. Keszthely.
- KÁDÁR I., 1992. A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI-AKAPRINT. Budapest.
- KÁDÁR I., 1993. A kálium-ellátás helyzete Magyarországon. Környezet- és természetvédelmi kutatások. KTM-MTA TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I. & KRÁMER M., 1978. Újabb adatok az őszi búza tápanyag-ellátottságának megítéléséhez növényanalízissel. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. 177-185. NEVIKI-KAE. Keszthely.
- KÁDÁR I. & LÁSZTITY B., 1979. A feltöltő foszfor- és kálium-műtrágyázás lehetőségének vizsgálata néhány magyarországi talajon. *Agrokémia és Talajtan*. **28**. 123-142.
- KÁDÁR I. & SZEMES I., 1994. A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve. MTA TAKI. Budapest.
- KÁDÁR I., CSATHÓ P. & SARKADI J., 1989. A talaj PK-ellátottsága és a PK-trágyázás hatékonysága közötti összefüggés meszes csernozjom talajon. *Agrokémia és Talajtan*. **38**. 78-72.
- KÁDÁR I., CSATHÓ P. & SARKADI J., 1991. Potassium fertilization in Hungary: Responses in maize and in other crops. *Acta Agron.* **40**. 295-317.
- KERESZTÉNY B., 1958. A műtrágyahatás és a talaj könnyen oldható tápanyagtartalma, ill. termőképessége közötti összefüggés. *Agrokémia és Talajtan*. **7**. 127-140.
- KOCSÁRDI S., 1971. Műtrágyázási kísérletek Bezostaja búzafajtákkal Dél-alföldi csernozjom talajon. In: Búzatermesztési kísérletek, 1960-1970. (Szerk.: BAJAI J.) 355-363. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KOLTAY Á., 1971. Tavasszal adagolt NPK hatása az őszi búza termésére. In: Búzatermesztési kísérletek, 1960-1970. (Szerk.: BAJAI J.) 375-378. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KOVÁCS G., (Szerk.) 1984. A magyarországi I. talajvizsgálati ciklus eredményeinek értékelése. MÉM NAK Budapest.
- KOZÁK M., 1977. A káliumműtrágyázás hatása a búza, kukorica és takarmányborsó termésére és tápanyagtartalmára. *Agrokémia és Talajtan*. **26**. 363-378.
- KOZÁK M. & SZEMES I., 1984. Összefüggések a lucerna tápanyag-ellátottsága, szénahozama és a karbonátos homoktalajok tulajdonságai között. *Agrokémia és Talajtan*. **33**. 245-252.
- KOZÁK M., SZEMES I. & KARÁTSYONYI M., 1978. A kálium műtrágyázás és különböző formájú foszforműtrágyák hatása a lucerna szénahozamára és tápanyagtartalmára. A mezőgazd. kemizálása. NEVIKI-KAE Ankét. **1**. 191-195. Keszthely.
- KRÁMER M., 1966. Martonvásári hibrid kukoricák termésének és tápanyagtartalmának alakulása a műtrágyázás hatására. In: Kukoricatermesztési kísérletek, 1960-1964. (Szerk.: I'SÓ I.) 166-179. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KRÁMER M., 1967a. A műtrágyák és az istállótrágya hatásának, illetve kölcsönhatásának vizsgálata martonvásári tartamkísérletekben. In: Trágyázási kísérletek, 1955-1964. (Szerk.: SARKADI J.) 131-151. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KRÁMER M., 1967b. NPK-műtrágyahatások vizsgálata őszi búza monokultúrában. In: Trágyázási kísérletek, 1955-1964. (Szerk.: SARKADI J.) 179-191. Akadémiai Kiadó Budapest.
- KRÁMER M., 1971. Az NPK műtrágyázás hatása a Bezostaja-1 őszi búza szemtermésére és tápanyagfelvételére tartamkísérletekben. In: Búzatermesztési kísérletek, 1960-1970. (Szerk.: BAJAI J.) 389-399. Akadémiai Kiadó. Budapest.

- KRÁMER M. & LATKOVICS GY-NÉ, 1971. Az őszi búza és a kukorica műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletben (1960-1967). II. A kísérleti eredmények értékelése másodfokú polinomokkal. *Agrokémia és Talajtan*. **20**. 303-322.
- KRÁMER M. & PEKÁRY K., 1962. A műtrágyázás hatása a kukorica termés hozamára istállótrágyázott és nem istállótrágyázott talajon. In: *Kukoricatermesztési kísérletek, 1958-1960*. (Szerk.: I'SÓ I.) 125-130. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- KRISZTIÁN J., 1983. Külszíni lignitbánya meddőhányójának hasznosítása növényekkel és szőlőültetvénnyel. Melioráció- öntözés és tápanyaggazdálkodás. (1) 17-20.
- KRISZTIÁN J., HOLLÓ S. & KADLICSKÓ B., 1988. Periódikus kálium műtrágyázás. *Növénytermelés*. **37**. 259-266.
- LÁNG G., 1960. Istállótrágya gazdálkodás a vetésváltó földművelési rendszerben. *Keszthelyi Mg. Akad. Budapest*.
- LÁNG G., 1978. Káliumtrágyázási tartamkísérletek. *Nemzetközi Mezőgazdasági Szemle* (4) 73-77.
- LÁNG G. & NÉMETH I., 1977. A kukorica műtrágyázása barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. **26**. 177-184.
- LÁNG G. & NÉMETH I., 1979. Kukorica műtrágyázása pszeudoglejes barna erdőtalajon. In: *Kukoricatermesztési kísérletek, 1968-1974*. (Szerk.: BAJAI J.) 301-309. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LÁNG I., 1963. A kálium körforgalma a talaj-növény rendszerben. *Agrokémia és Talajtan*. **12**. 175-188.
- LÁSZTITY B., 1974. Adatok a kukorica műtrágyázásához erősen meszes homoktalajon. *Növénytermelés*. **23**. 351-355.
- LÁSZTITY B., 1976. Különböző káliumműtrágyák hatásának vizsgálata karbonátos homokon kukorica jelzőnövényvel. *Agrokémia és Talajtan*. **25**. 31-40.
- LÁSZTITY B., 1977. A műtrágyázás hatása a talaj (felvehető) AL-oldható K_2O -tartalmának alakulására karbonátos homokon. *Növénytermelés*. **26**. 185-190.
- LÁSZTITY B., 1979. A kukorica nitrogén- és kálium trágyázása karbonátos Duna-Tisza közti homoktalajon. *MTA Agrártud. Oszt. Közlem.* **38**. 123-142.
- LÁSZTITY B., 1985. A műtrágyázás hatása az őszi búza szemtermésére és néhány minőségi tulajdonságára. *Agrokémia és Talajtan*. **34**. 397-404.
- LÁSZTITY B., 1986. Az Mv 8-as őszi búza szemtermésének és néhány minőségi tulajdonságának változása a műtrágyázás függvényében. *Növénytermelés*. **35**. 45-50.
- LÁSZTITY B., 1989. A kálium műtrágyázás hatása a termésre karbonátos homoktalajon. *Növénytermelés*. **38**. 559-568.
- LÁSZTITY B., 1991a. Az őszi árpa vízellátása és a műtrágyázás. *Agrokémia és Talajtan*. **40**. 97-108.
- LÁSZTITY B., 1991b. A feltöltő adagú foszfor- és kálium-műtrágyázás utóhatásának vizsgálata karbonátos, gyengén humuszos homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. **40**. 419-430.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1963. A kukorica trágyázása és tápanyagfelvétele. *MTA Agrártud. Oszt. Közlem.* **12**. 423-429.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1967. NPK-műtrágyahatások vizsgálata kukorica monokultúrában. In: *Trágyázási kísérletek, 1955-1964*. (Szerk.: SARKADI J.) 192-207. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LATKOVICS GY-NÉ, 1979. Az N-, P-, K- műtrágya hatásának vizsgálata kukorica monokultúrában. In: *Kukoricatermesztési kísérletek, 1968-1974*. (Szerk.: BAJAI J.) 261-269. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- LATKOVICS GY-NÉ & KRÁMER M., 1968. Az őszi búza és a kukorica műtrágyázás hatásának vizsgálata tartamkísérletekben (1960-1967). I. Szemterméseredmények. *Agrokémia és Talajtan*. **17**. 189-200.
- Mezőgazdasági statisztikai zsebkönyvek, 1991-1996. KSH Budapest.
- MÁRTON Á., 1985a. A különböző NPK-adag és -arány, valamint az évjárat hatása a Bezostaja 1 őszi búza termésére és minőségére. In: *Búzatermesztési kísérletek, 1970-1980*. (Szerk.: BAJAI J. & KOLTAY Á.) 385-394. Akadémiai Kiadó. Budapest.

- MÁRTON Á., 1985b. A tartós nagyadagú trágyázással indukált relatív tápanyaghiány vagy tápanyagfelesleg hatása a vetésforgóban termesztett Száva őszi búza terméselemeire. In: Búza-termesztési kísérletek, 1970-1980. (Szerk.: BAJAI J. & KOLTAY Á.) 395-403. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- MÉM NAK, 1979. Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer. Budapest.
- MIHÁLYFALVY I., 1971. Az öntözés és a trágyázás kölcsönhatásának vizsgálata őszi búzával. In: Búza-termesztési kísérletek, 1960-1970. (Szerk.: BAJAI J.) 175-184. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- MILOSEVIC, R. et al., 1989. Optimization of fertilization of sugar beet, grown on the Panonian chernozem and chernozem-like soils. IFVC. Novi Sad, Yugoslavia.
- NAGY J., 1995. A műtrágyázás hatásának értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére eltérő évjáratokban. Növénytermelés. 44. 493-506.
- NAGY J. & HUZSVAI L., 1995. Az évjárat hatás értékelése a kukorica (*Zea mays* L.) termésére. Növénytermelés. 44. 383-391.
- NÉMETH I., 1975. Trágyázás hatása a különféle burgonyafajták hozamának és beltartalmának alakulására. III. Trágyázás és csapadék hatása a különféle burgonyafajták tövenkénti gumószámának alakulására, annak összefüggése a terméssel. Növénytermelés. 24. 227-234.
- NÉMETH I., 1985. A foszfor és a kálium hatása a búza termésére barna erdőtalajon. In: Búza-termesztési kísérletek, 1970-1980. (Szerk.: BAJAI J. & KOLTAY Á.) 432-443. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- NÉMETH I., 1991. Szerves- és műtrágyázás hatása a talaj termékenységre. XXXIII. Georgikon Napok. Keszthely. 106-109.
- NÉMETH S. & DOMBOVÁRI J., 1979. A műtrágyázás hatása az öntözött lucerna és más pillangósok terméshozamára. A mezőgazd. kemizálása. NEVIKI-KAE Ankét. 1. 106-113. Keszthely.
- NÉMETH, T., CSATHÓ, P. & MOLNÁR, E., 1994. Nutrient loads from agriculture. In: Danube Integrated Environmental Study. Phase 2. EC PHARE Programme. Senator Consult-RISSAC HAS. Budapest.
- NILSSON, L. G. 1989. Fertilizer recommendations based on soil analysis. Agrokémia és Talajtan. 38. 757-764.
- PEKÁRY K., 1969. N-, P-, K- műtrágyaadagolási kísérletek kukoricával két északkelet-magyarországi termőhelyen. In: Kukoricatermesztési kísérletek, 1958-1960. (Szerk.: I'só I.) 186-201. Akadémiai Kiadó Budapest.
- PEKÁRY K. & HOLLÓ S., 1979. A feltöltő P- és K-trágyázás hatása a talajra és a termésre csernozjom barna erdőtalajon. Növénytermelés. 28. 163-175.
- PEKÁRY K., MÁRTONFFY T. & SÜLYÖK I., 1976. Néhány összefüggés a tápanyagok hatása és a talajvizsgálati adatok között az Egységes Országos Műtrágyázási Tartamkísérletek lucerna kísérleteiben. Agrokémia és Talajtan. 25. 41-54.
- PROHÁSZKA K. & GURABI GY., 1974. A műtrágyázás hatása a kukoricalevelek tápanyagtartalmára. Agrokémia és Talajtan. 23. 53-58.
- RUZSÁNYI L., 1974. A műtrágyázás hatása egyes szántóföldi növényállományok vízfogyasztására és vízhasznosítására. Növénytermelés. 23. 249-258.
- SARKADI J., 1963. Trágyázási kísérletek fontosabb eredményei. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. 22. 411-421.
- SARKADI J., 1975. A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SARKADI J., 1979. Az intenzív tápanyagellátás hatása a talaj termékenységre. In: Az intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységre. MTA TAKI. Ankét. 5-35. Budapest.
- SARKADI J. & BALLA A-NÉ, 1990. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei egy mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon. II. K-hatások az őszi búza kísérletekben. Agrokémia és Talajtan. 39. 103-110.
- SARKADI, J. & VÁRALLYAY, GY., 1989. Advisory system for mineral fertilization based on large-scale land-site maps. Agrokémia és Talajtan. 38. 775-789.

- SARKADI J., BALLA A-NÉ & MIKLAYNÉ TUDÓS E., 1985. Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei mezőföldi mészlepedékes csernozjom talajon. III. Kukorica-kísérletek. *Agrokémia és Talajtan*. **34**. 130-136.
- SÁRDI, K. & NÉMETH, T., 1994. Studies on the plant available K-content of different soils at constant moisture. *Agrokémia és Talajtan*. **42**. 183-194.
- SÁRVÁRI M. & GYŐRI Z., 1982. A monokultúrában és vetésváltásban termesztett kukorica termésátlagának és minőségének változása különböző tápanyagellátás esetén. *Növénytermelés*. **31**. 177-184.
- STEFANOVITS P. & SARKADI J., 1963. A műtrágyázás várható hatásának térképei. In: STEFANOVITS P.: Magyarország talajai. 383-388. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SZABOLCS I., 1969. Talajvizsgálatok és műtrágyázás. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. **29**. 189-194.
- SZÁSZ, G., 1987. The role of climate in the intensive development of agriculture. Conf. on Climatic Changes, Brno, Czechoslovakia. 43-56.
- SZEMES I. & LÁSZTITY B., 1980. A káliumtrágyázás hatásának vizsgálata karbonátos homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*. **29**. 419-426.
- SZEMES I., LÁSZTITY B. & KÁDÁR I., 1984a. A talaj K-ellátottsága és termékenysége közötti összefüggés vizsgálata kukorica-monokultúrában. *Agrokémia és Talajtan*. **33**. 253-260.
- SZEMES I., LÁSZTITY B. & MAZSOLÁN I., 1984b. Adatok a feltöltő PK-műtrágyázás vizsgálatához rozsdabarna erdőtalajon. *Növénytermelés*. **33**. 351-356.
- TATÁR P., 1985. Novosadska Rana 2 őszi búza termesztettségének és tápanyagigényének vizsgálata az ország északkeleti részén levő homok, tőzeg, öntés és szikes talajokon. In: Búza-termesztési kísérletek, 1970-1980. (Szerk.: BAJAI J. & KOLTAY Á.) 375-379. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- ID. VÁRALLYAY GY., 1950. A műtrágyázást irányító kísérletek és vizsgálatok. *Agrokémia*. **2**. 287-302.
- VÁRALLYAY, GY. et al., 1992. New plant nutrition advisory system in Hungary. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* **23**. (17-20) 2053-2073.
- ZUKKER F., 1938. Mezőgazdaságunk nitrogén, foszfor és kálium mérlege. *Mezőgazd. Közlöny*, (11) 10-16.

Érkezett: 1997. május 15.

CSATHÓ PÉTER

MTA Talajtani és Agrokémiai
Kutató Intézete, Budapest